

# ENTWICKLUNG EINER FLEXIBLEN HINTERKANTE FÜR FLOSSEN-STABILISATOREN

Markus Kintscher, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik, Abteilung Adaptronik, DE-38114 Braunschweig, Lilienthalplatz 7, [www.dlr.de/fa](http://www.dlr.de/fa)



Abbildung 1:  
Das Einsatzschiff „Eschwege“ der Bundespolizei als Versuchsträger der Stabilisatorflossen im Trockendock mit roter Markierung der Stabilisatorflossen mit flexiblem Bereich (Quelle: SKF Marine GmbH)

## Kurzfassung

Während der Fahrt führen Schiffe unter dem Einfluss der Seewasserströmung und der Windverhältnisse mehr oder weniger ständig schwingende, zum Teil unregelmäßige Bewegungen aus. Zur Reduzierung dieser Bewegung werden Schiffe mit sogenannten Festflossen-Stabilisatoren ausgestattet. Beginnt ein Schiff eine Bewegung um die Längsachse auszuführen, also zu rollen, erzeugen die Flossen gezielt ein aufrichtendes Kräftepaar durch eine Bewegung entgegen der Wellen, welches der Rollbewegung entgegen wirkt.

In Zusammenarbeit mit SKF Marine GmbH, der Firma Baltico und der Bundespolizei wurde im Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik eine flexible Flossen hinterkante entwickelt (Abbildung 1) und erprobt, die eine Stabilisierung ohne Fahrtgeschwindigkeit erlaubt und gleichzeitig das Antriebsmoment im Vergleich zur Bauweise von Flossen ohne flexibler Hinterkante reduzieren soll.

## Konzept & Bauweise

Aktive Flossensysteme nutzen den hydrodynamischen Auftrieb eines Körpers in der Strömung zur Erzeugung eines aufrichtenden bzw. ausgleichenden Moments. Über den Fahrbetrieb hinaus besteht allerdings der Wunsch auch bei wenig Geschwindigkeit oder vor Anker unerwünschte Schiffsbewegungen reduzieren zu können.

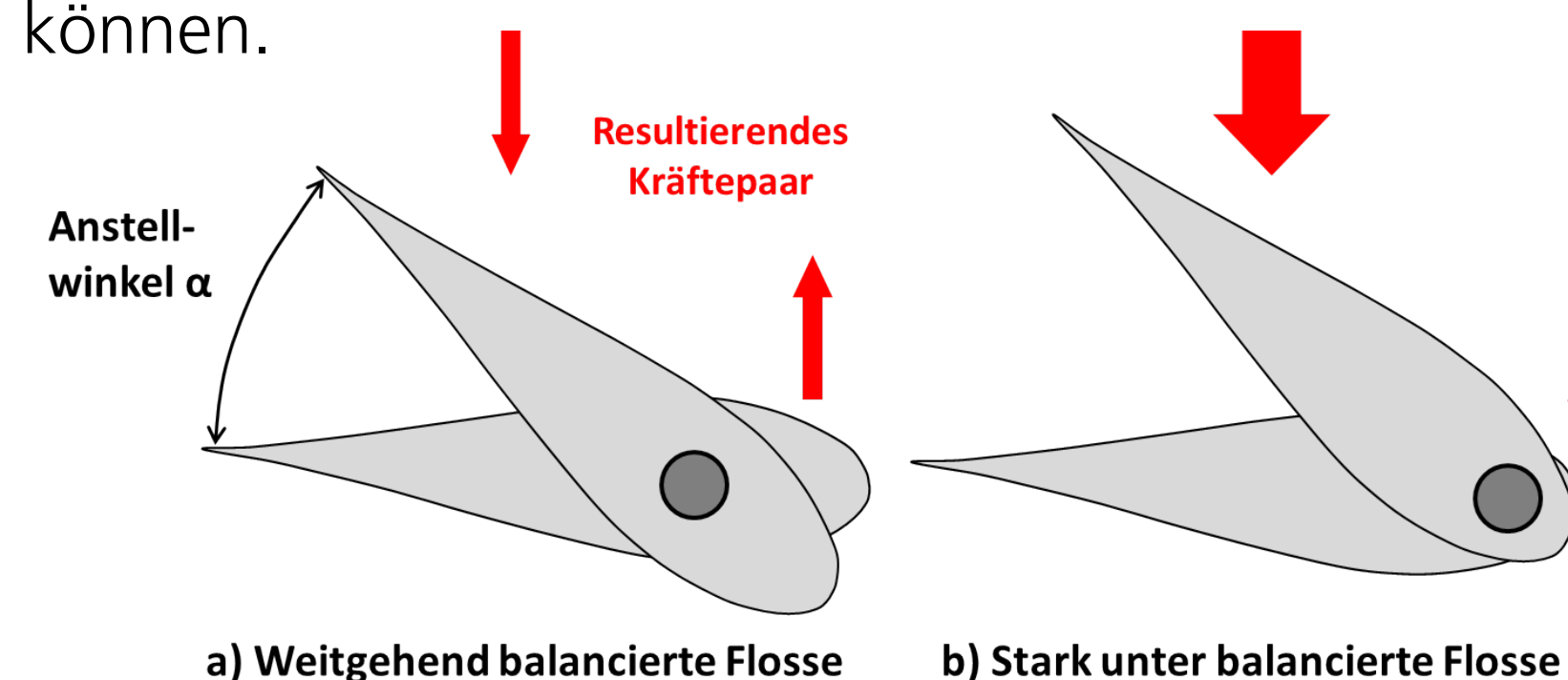


Abbildung 2:  
Auswirkung der balancierten sowie unterbalancierten Flossen aufhängung

**Kontakt:**  
Dr.- Ing. Markus Kintscher  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik  
Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik  
Lilienthalplatz 7  
38108 Braunschweig  
Telefon 0531-295 3046  
[markus.kintscher@dlr.de](mailto:markus.kintscher@dlr.de)

Die dazu notwendige unterbalancierte Anordnung (Abbildung 2b) der Flossen führt dazu, dass ein hohes Antriebsmoment zur Verfügung gestellt werden muss. Dieses Antriebsmoment kann theoretisch durch den Einsatz einer flexiblen Flossen hinterkante reduziert werden. Die Flosse bleibt dabei weiterhin stark unterbalanciert und erfüllt somit die Anforderung für den "Vor-Anker"-Betrieb. Mit der Anpassung der Elastizität der Flossen hinterkante wird erreicht, dass sich die Antriebsmomente bei gleichzeitiger Erhöhung der Stabilisierleistung in Fahrt verringern. Eine Herausforderung bei der Entwicklung einer solchen flexiblen Hinterkante ist die gleichzeitige Gewährleistung der lasttragenden Funktion sowie der notwendigen Elastizität zur Bereitstellung einer großen Verformbarkeit der Struktur. Die dafür gleichzeitig notwendige große Dehnbarkeit des flexiblen Bereichs wird mit einem Strukturkonzept bestehend aus einer lasttragenden Mittelebene aus einem Glasfaserverbund erreicht (Abbildung 3).

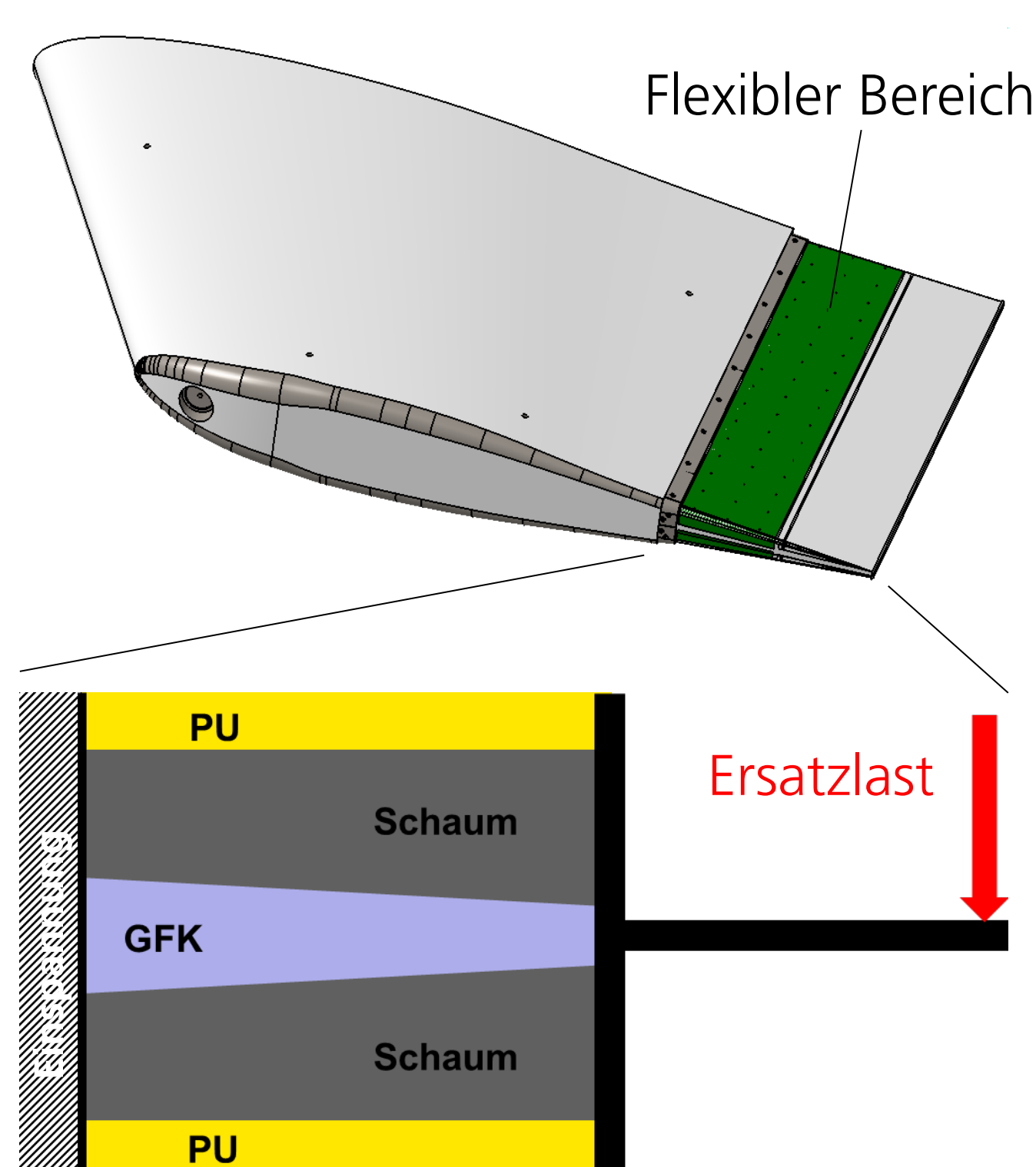


Abbildung 3:  
Bauweisenkonzept und mechanisches Ersatzmodell überschlängigen Auslegung und zur Umsetzung eines flexiblen Segments einer Flossen hinterkante

Die Formgebung der äußeren Kontur erfolgt über einen elastischen, geschlossenzelligen Schaumkern aus Polyethylen. Zur Abdichtung gegen Seewasser wird der GFK-Schaumverbund mit einer Außenhaut aus Polyurethan abgeschlossen.

## Experimentelle Untersuchung

Für die Qualifizierung von einzelnen Materialien für den Einsatz unter Seewasser wurden Zugprüfungen von Proben durchgeführt, die unter Seewasser gealtert wurden. Weitere Zugprüfungen wurden zur Bestimmung von Materialkennwerten sowie von Anbindungsfestigkeiten durchgeführt.

Für die Untersuchung eines flexiblen Elements im original Maßstab wurde ein Teststand entwickelt, in dem die auftretenden Kräfte und Momente aus den Wasserlasten simuliert werden konnten (Abbildung 4).

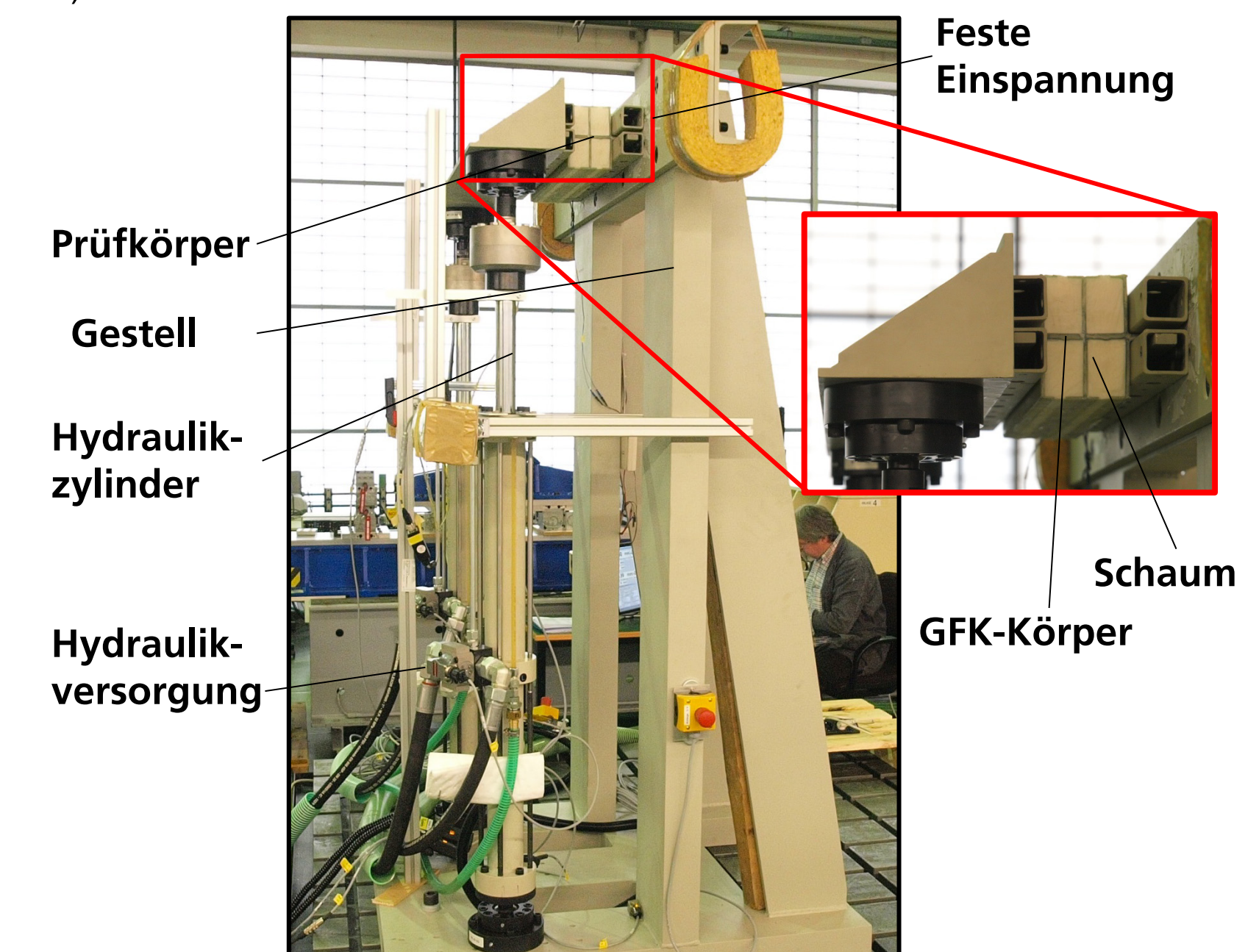


Abbildung 4:  
Teststand zur Simulation der Belastung des flexiblen Bereichs und Untersuchung von Strukturkonzepten unter zyklischer Belastung

Es wurden verschiedene Bauweisen des flexiblen Strukturelements in zyklischen Versuchen unter Wechsellast bei einer Auslenkung von  $\pm 16^\circ$  untersucht. Dabei wurden nicht nur die zur Verformung notwendigen Kräfte und Momente erfasst sondern auch die Anbindungsfestigkeiten zwischen wichtigen Strukturkomponenten getestet. Mit der Hilfe von zerstörungsfreier Prüfung und anhand der aufgenommenen Kraft-Verformungshysteresen (Abbildung 5) konnten verschiedene Bauweisen und Materialien auf ihre Eignung hin verglichen und überprüft werden.

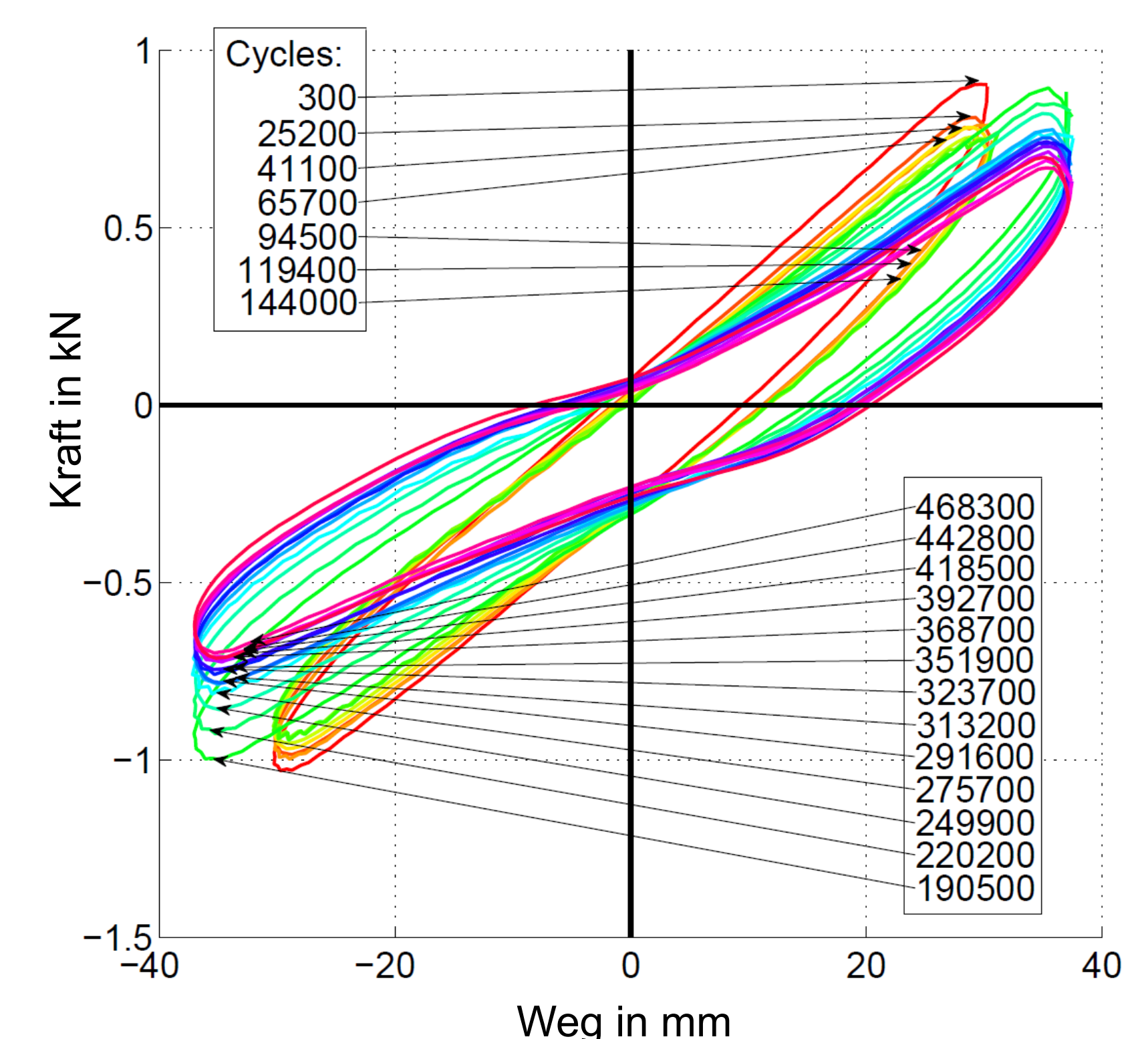


Abbildung 5:  
Hysteresekurven der Kraft-Verschiebungsdaten im zyklischen Versuch des Prüflings der dritten Generation.

Anhand der experimentellen Daten konnte ein Schädigungsmodell zur Vorhersage des Ermüdungsverhaltens entwickelt und validiert werden.

Ein entsprechendes Flossenpaar wurde mit integrierten Sensoren an Bord des Einsatzschiffs BP26 Eschwege der Bundespolizei verbaut und mehrere Monate in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erprobt. Eine kontinuierliche Zustandsüberwachung erlaubte dabei die Beurteilung des Langzeit- und Ermüdungsverhaltens der Struktur. Weiterhin ermöglichten die im Zuge der Zustandsüberwachung gemessenen Verformungen einen Rückschluss auf die im Betrieb auftretenden hydrodynamischen Kräfte und die Überprüfung der vorhergesagten Lasten. Durch diese Informationen kann eine Weiterentwicklung des flexiblen Elementes der nächsten Prototypengeneration erfolgen und die Effizienz des Systems im Betrieb noch weiter gesteigert werden.

Ergebnisse aus dem Projekt NEWA – „Neue werkstoffbasierte Aktoren zur adaptiven Formänderung“, Förderkennzeichen: 03x3029C